

Microwave Plasma 액체비료 ●



선일플랜트 주식회사

Special Microwave High-technology Engineering

www.microwave-si.com

Table of Contents

- I 기업개요
- II 기술소개
- III 주요제품
- IV 액체비료



I. 기업개요

Company Profile

I. 기업개요

선일플랜트(주) (Sunil plant co., ltd)

- 대표자 : 이승훈
- 본사/공장 : 충청북도 청주시 흥덕구 강내면 저산태성로 165
- 웹 페이지 : <https://www.microwave-si.com>
- 창립일 : 2010년 3월

주요사업 (Main business)

MICROWAVE 기술 기반

- 산업용 건조 / 증발기
- 환경 정화 설비
- 자원 순환 설비
- 고온 반응로
- Microwave 부품
- 시스템 자동화
- 연구 개발 설비



I. 기업개요

주요 연혁 (Histories)



알루미나 허니컴 건조기
반도체 열처리 설비



195kW급 TiO₂ 건조기
배치 및 연속식 고온반응기



국가혁신클러스터(R&D) 수행
120kW급 고순도 알루미나 건조기
방사성탄소 C-14 재활용 설비

2024

380kW급 건조기
112kW급 예열기

2023



2022

64kw 허니컴 건조기
배터리 음극재 반응기

2021



2020

64kW급 대형 허니컴 건조기
68kW급 MLCC 원료 건조기

2011
~2019



2010

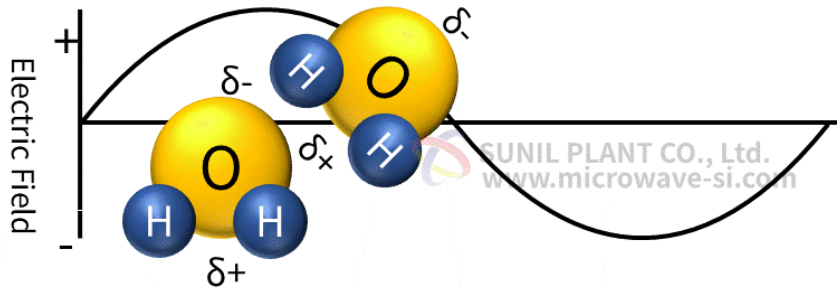
선일플랜트(주) 법인설립

II. 기술개요

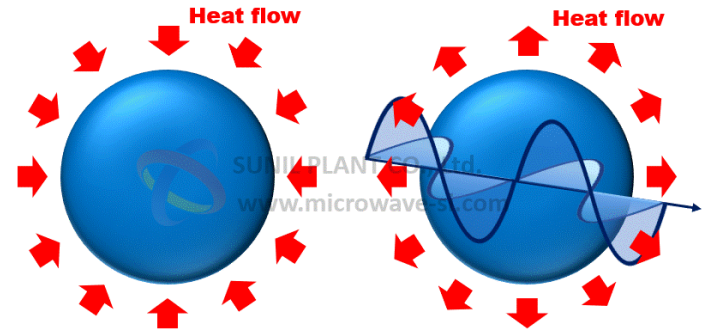
Technology Profile

II. 기술소개

MICROWAVE 가열 (Microwave heating)



쌍극자 변화에 따라 24억 5천만번 극성변화(2.45GHz의 경우)로 발생하는 마찰열을 이용해 물질을 빠르고 균일하게 선택적 가열

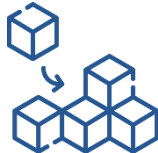


Conventional heating: Slow / High Loss 기존 가열
 Microwave heating: Direct Energy Transfer Microwave 가열

MICROWAVE 장점 (Microwave advantages)



에너지 절감
(Energy Savings)



모듈형 설계
(Modular Design)



CO₂ 저감
(CO₂ Reduction)



살균 효과
(Sterilization)



운영 편의성
(Operational Convenience)



높은 효율
(High Efficiency)

MICROWAVE 기술 적용분야

“단일 기술을 넘어서 산업 전반에 적용되는 Microwave 솔루션”



첨단 신소재 공정 (Advanced Materials Processing)

배터리 양/음극재, 소결, 합성, 코팅
(Sintering, Sythesis, Coating)



고효율 건조 및 가열 (High-Efficiency Drying & Heating)

산업원료, 세라믹, 목재, 식품
(Raw materials, Ceramics, Wood)



대기오염물질 저감 (Air Pollutant Reduction)

VOCs & 악취 산화처리 (RMO)
(VOCs & Odor Oxidation)



폐기물 자원화 (Waste-to-Energy)

플라스틱 열분해, 슬러지 자원화
(Plastic Pyrolysis, Sludge Recycling)

MICROWAVE
기술
(Microwave
Technology)

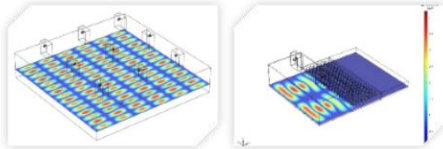


핵심 보유 기술 (Core Technologies)

“Microwave 설비, 공정 엔지니어링, 자동 제어까지 복합 솔루션 제공”

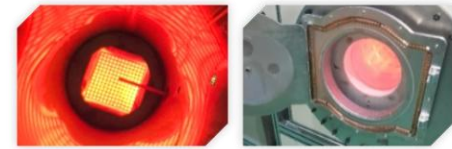
Microwave 시뮬레이션 기술 (Microwave simulation technology)

- Microwave 안테나 설계 기술
- 최적 효율의 mode 제어 기술
- Microwave 누설 차폐 기술



고온 발열 기술 (High-Temperature Heating)

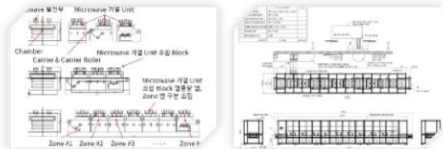
- Microwave 발열체 기술
- 최적 발열 시스템 기술



MICROWAVE 기술 (Microwave Technology)

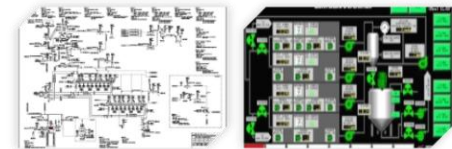
모듈형 설계기술 (Modular design technology)

- Microwave 안테나 설계 기술
- 최적 효율의 mode 제어 기술
- Microwave 누설 차폐 기술



엔지니어링 / 자동제어 (Process Engineering / FA)

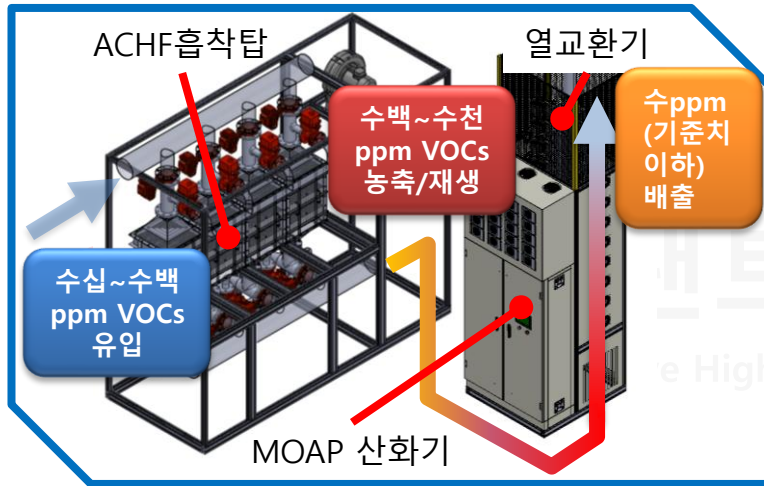
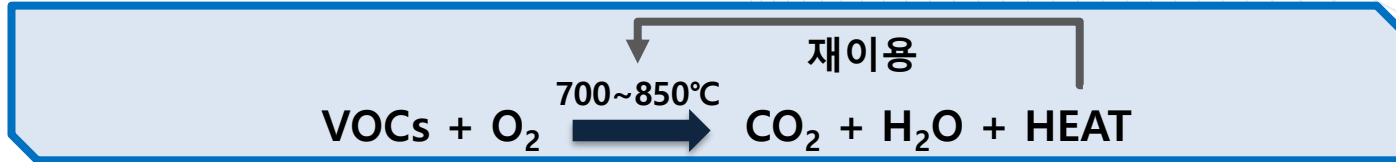
- 공정 최적화 엔지니어링 기술
- P&ID, PFD 등
- 공정에 맞는 자동제어 기술



III. 주요제품

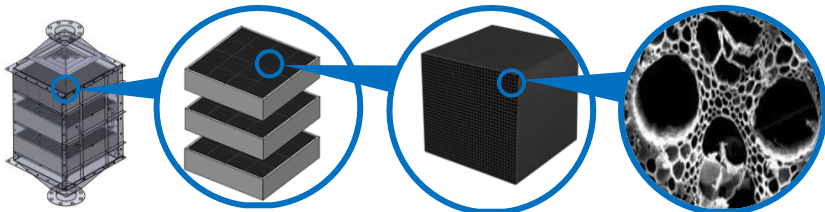
Main Products

재생식 Microwave 산화기 (Regenerative Microwave Oxidizer, RMO)

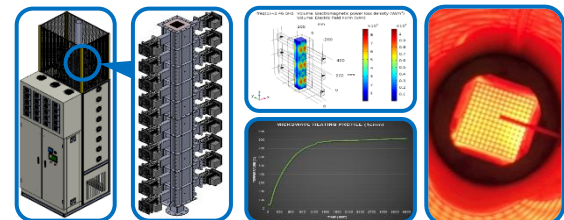


가스 종류	투입 가스 농도 (PPM)	처리 온도 (°C)	산화 처리 후 농도(PPM)
톨루엔	2000	650	400
	2000	900	무검출
	1000	600	80
	1000	850	1미만
벤젠	1000	600	80
	1000	800	무검출
	1000	850	2.5미만
	1000	900	무검출

AC 허니컴 흡착탑 (Activated carbon honeycomb filter)



Microwave 산화기 (Microwave Oxidizer)

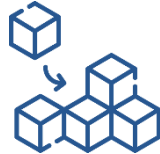


III. 주요제품

산업용 건조기 / 증발기 (Industrial microwave dryer / evaporator)



에너지 절감
(Energy Savings)



모듈형 설계
(Modular Design)



CO₂ 저감
(CO₂ Reduction)



살균 효과
(Sterilization)



운영 편의성
(Operational Convenience)



높은 효율
(High Efficiency)

“국내 유수의 기업으로부터 이미 검증된 산업용 건조기 제품”



380kW 세라믹분말 건조기



64kW Honeycomb 건조기



160kW Pouch 예열기



60kW 진공 목재건조기



120kW Alumina 건조기



64kW Honeycomb 건조기



68kW MLCC 건조기



45kW Carbon 건조기

III. 주요제품

자원순환설비 (Waste Treatment Facilities)

“처리가 어려운 폐기물로부터 새로운 자원을 획득할 수 있는 친환경 설비”



중합체 열분해 장치



폐실리콘 자원화 설비



탄소핵종 회수 재활용 설비



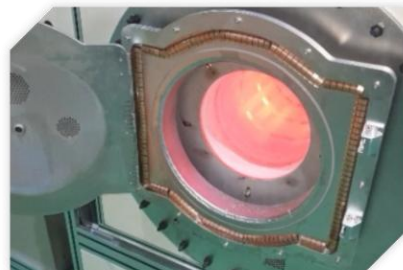
폐활성탄 핵종제거 설비

고온 반응로 (High temperature furnace)

“저에너지 / 초고온으로 고속 승온 가능한 고온 반응로”



연속식 실리콘 음극재 반응로



양극재 고온반응로



배기가스 정화장치



반도체 웨이퍼 고온 반응로

III. 주요제품

시스템 자동화 (Factory Automation)

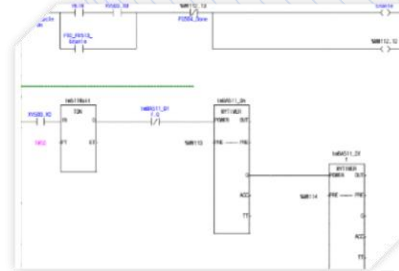
“생산 공정에 맞춤 자동화 설비를 제어반, PLC, UI/UX, DATA 수집 통합공급”



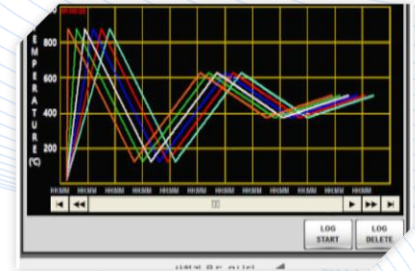
자동 제어반 설계/제작



HMI 설계 / 제작



PLC logic 설계 / 제작



DATA 수집 및 기록

Microwave 부품 (Microwave components)

“다양한 Microwave 부품을 직접 생산 공급”



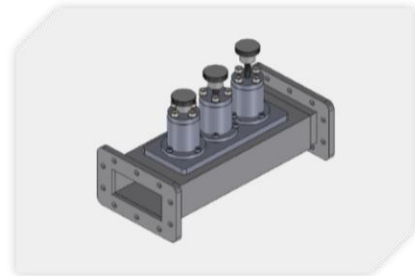
2kW Power-supply



1kW Power-supply



3kW Isolator



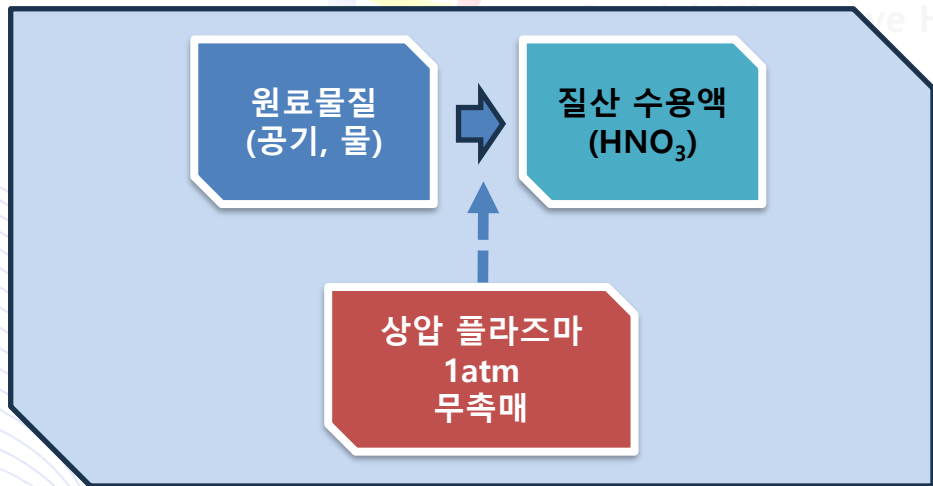
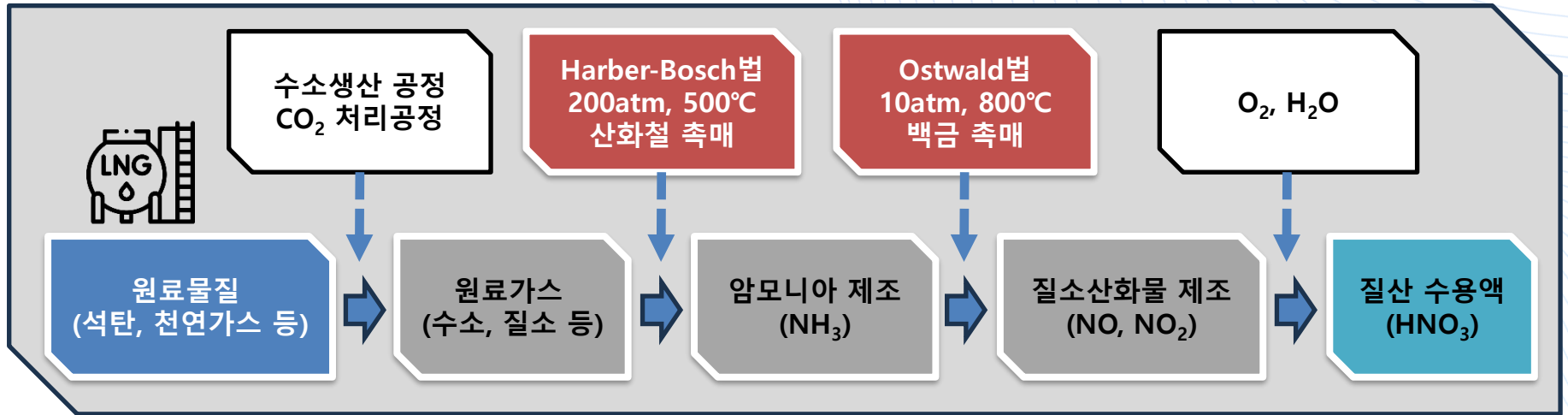
3-stub Tuner

IV. 액체 비료

VOCs (Volatile Organic Compounds)

IV. 액체비료

비료생산 공정의 현주소 (Current status of fertilizer production process)

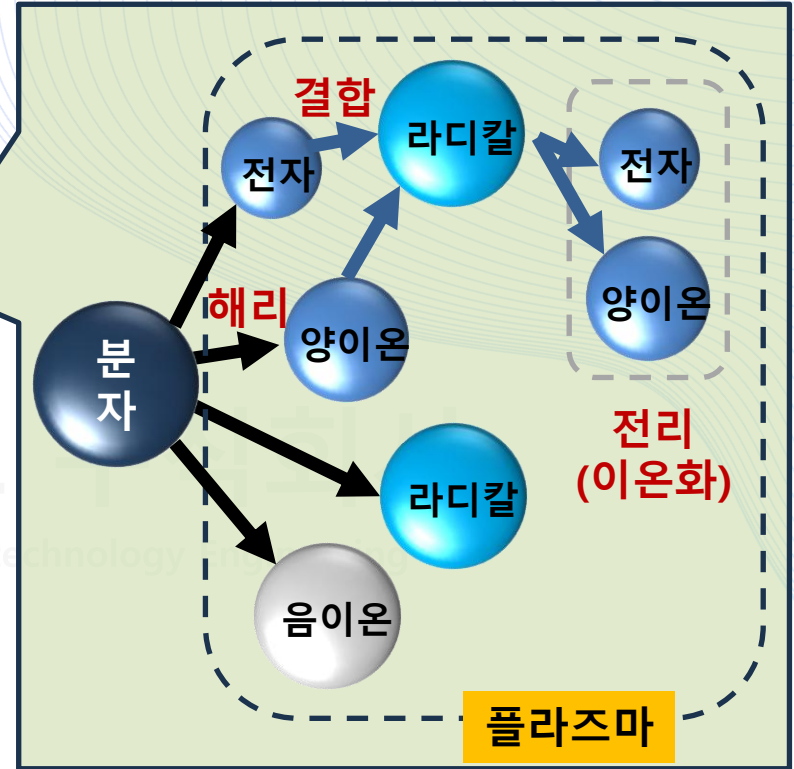
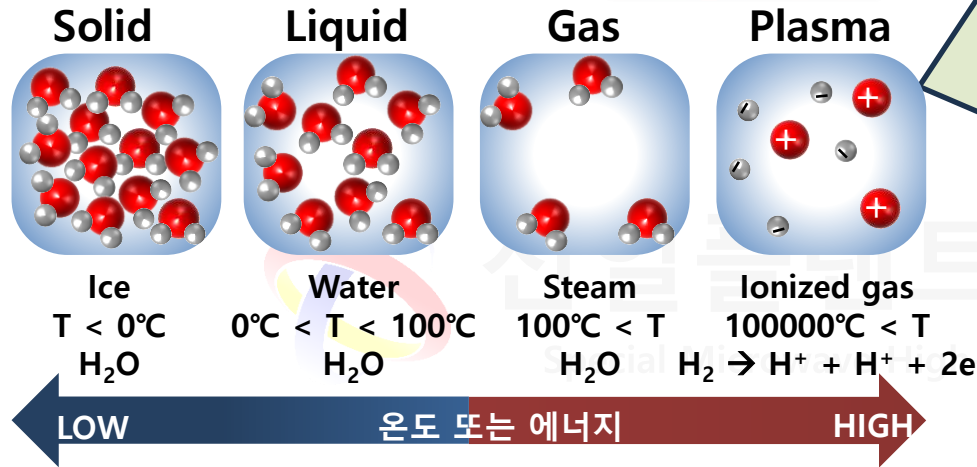


Harber-Borch 법

- 전세계 CO₂ 배출량의 약 1~3% 차지 (공정 배출량 기준)
- 90ton CO₂/truck (10만km/년 기준, 비료운반 배출량)
- 고온/고압 공정으로 제어 어려움

IV. 액체비료

플라즈마(Plasma)

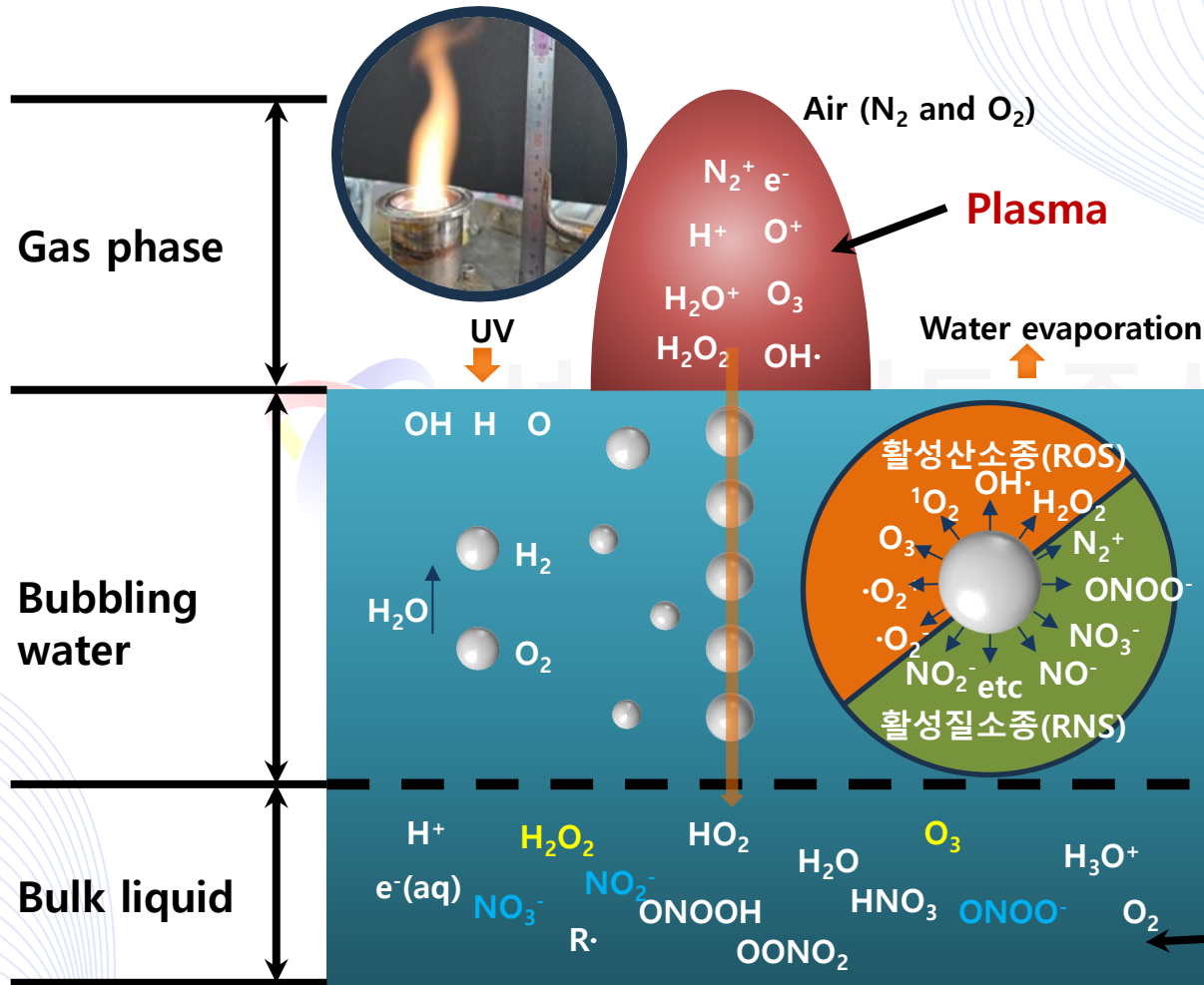


플라즈마 (Plasma) : 이온화된 기체로 전자, 이온, 중성 기체 분자 등으로 이루어짐.

분자 결합 상태에서 에너지를 받아 분자에서 분자에서 분리되는 현상을 '해리'라고 하는데, 해리 현상으로 생성된 전자, 양이온 및 라디칼 등을 모두 합하여 플라즈마라고 부름.

IV. 액체비료

플라즈마 활성화수 (Plasma Activated Water)



Short-lived species

- Hydroxyl radicals $OH\cdot$: 1ns
- Nitric oxide NO^- : seconds
- Superoxides O_2^- : 1.5 seconds
- Peroxynitrate $OONO_2$: < 1 seconds
- Peroxynitrites $OONO^-$: < 1 seconds

Long-lived species

- Nitrates NO_3 : years
- Nitrites NO_2^- : days
- Hydrogen peroxide H_2O_2 : hours
- Ozone O_3 : minutes

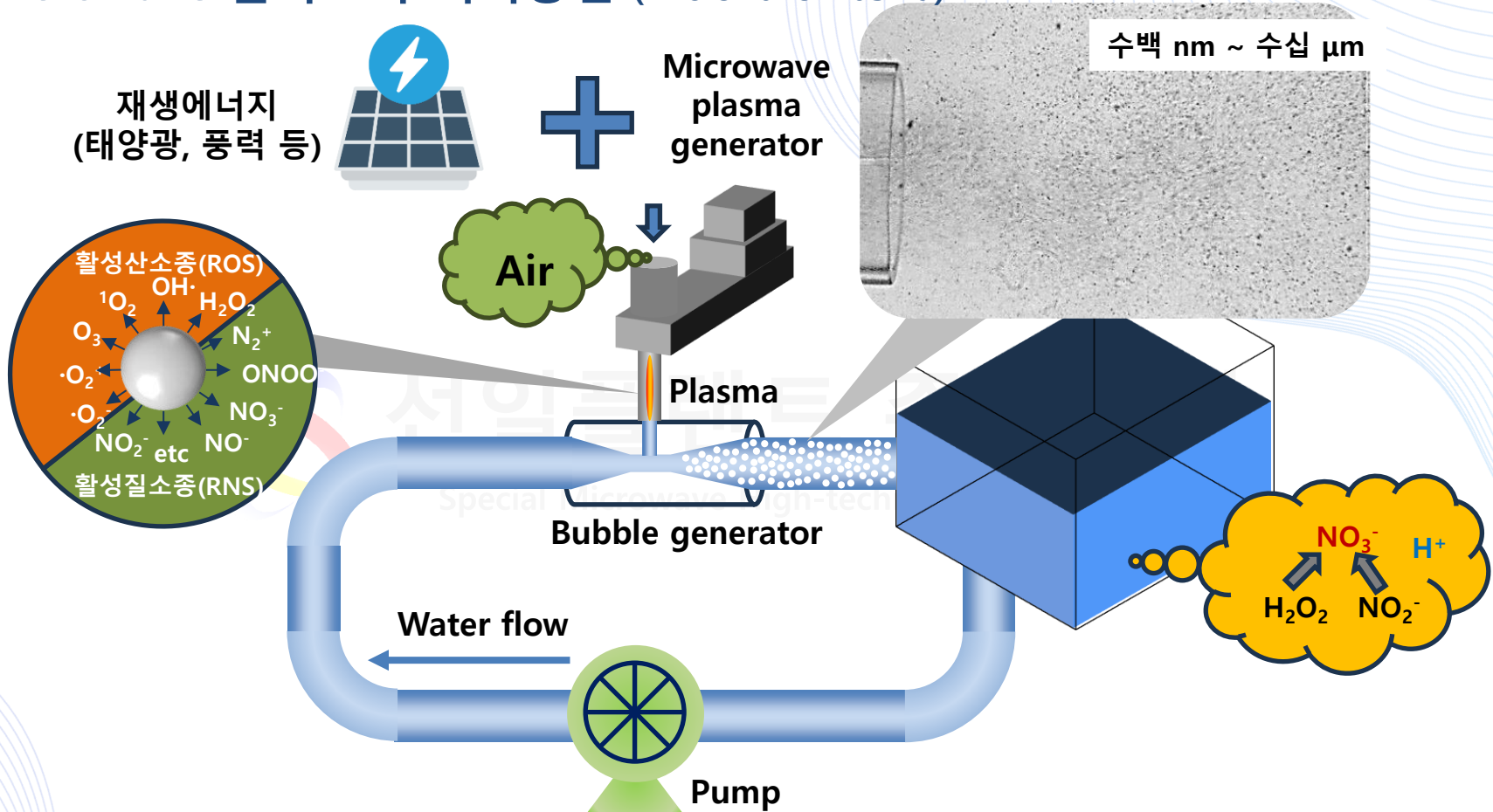
Mass transfer of bubbles

Transfer into liquid phase

Plasma Activated Water (PAW)

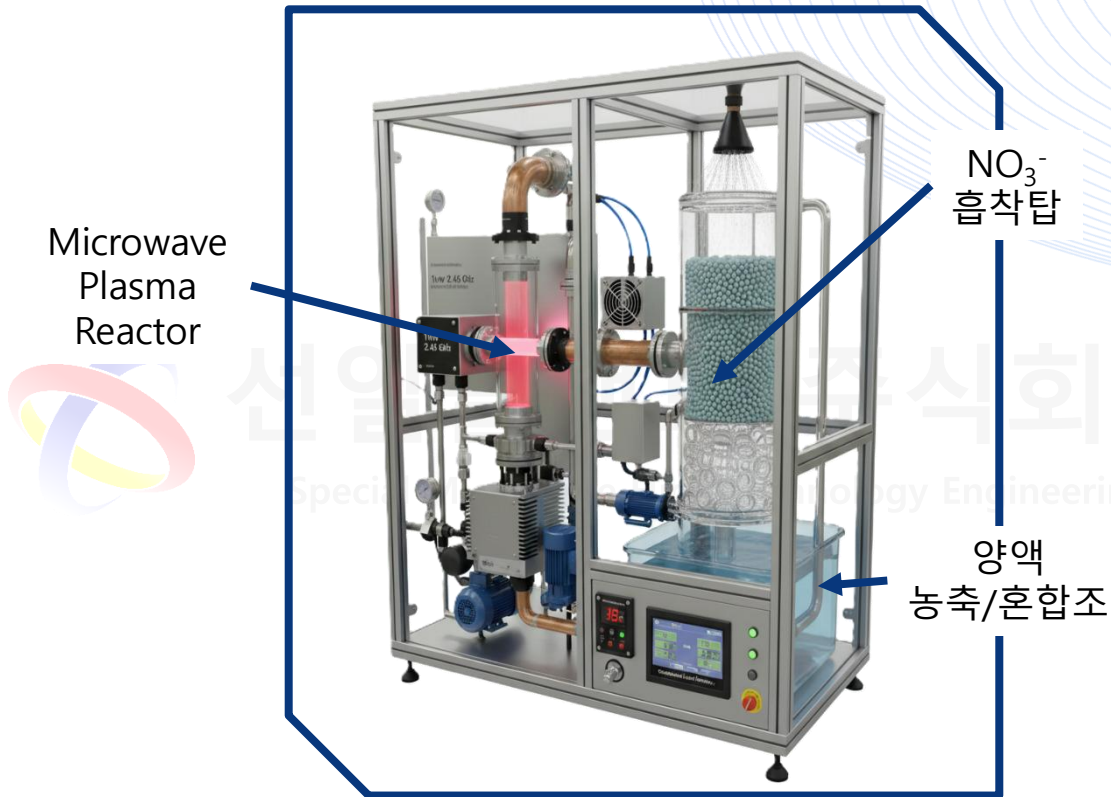
IV. 액체비료

Microwave 플라즈마 처리공법 (Microwave Plasma)



Microwave 플라즈마로 생성된 활성종을 나노 및 마이크로미터 크기의 Bubble 가스로 공급하여, 농축 질산태 질소(NO_3^-) 용액 생성가능

Microwave 플라즈마 설비 예시 (Microwave Plasma Reactor)



130 L/hr급 Microwave Plasma 액체비료 시스템 예시

IV. 액체비료

Microwave Plasma 비료 효과 (MW Plasma Fertilizer Effects)

Power : 800w
4L, 12min

Crystal Violet 시약
PH 변화 확인

Plasma 처리 전 Plasma 처리 후

질산태 질소(NO_3^-) 용액 생성 확인

(a) 1.6cm

Control TW(60 days) PAW-30 (9 days) Then TW (51 days) P10 PAW-30 (9 days) Then TW (51 days)

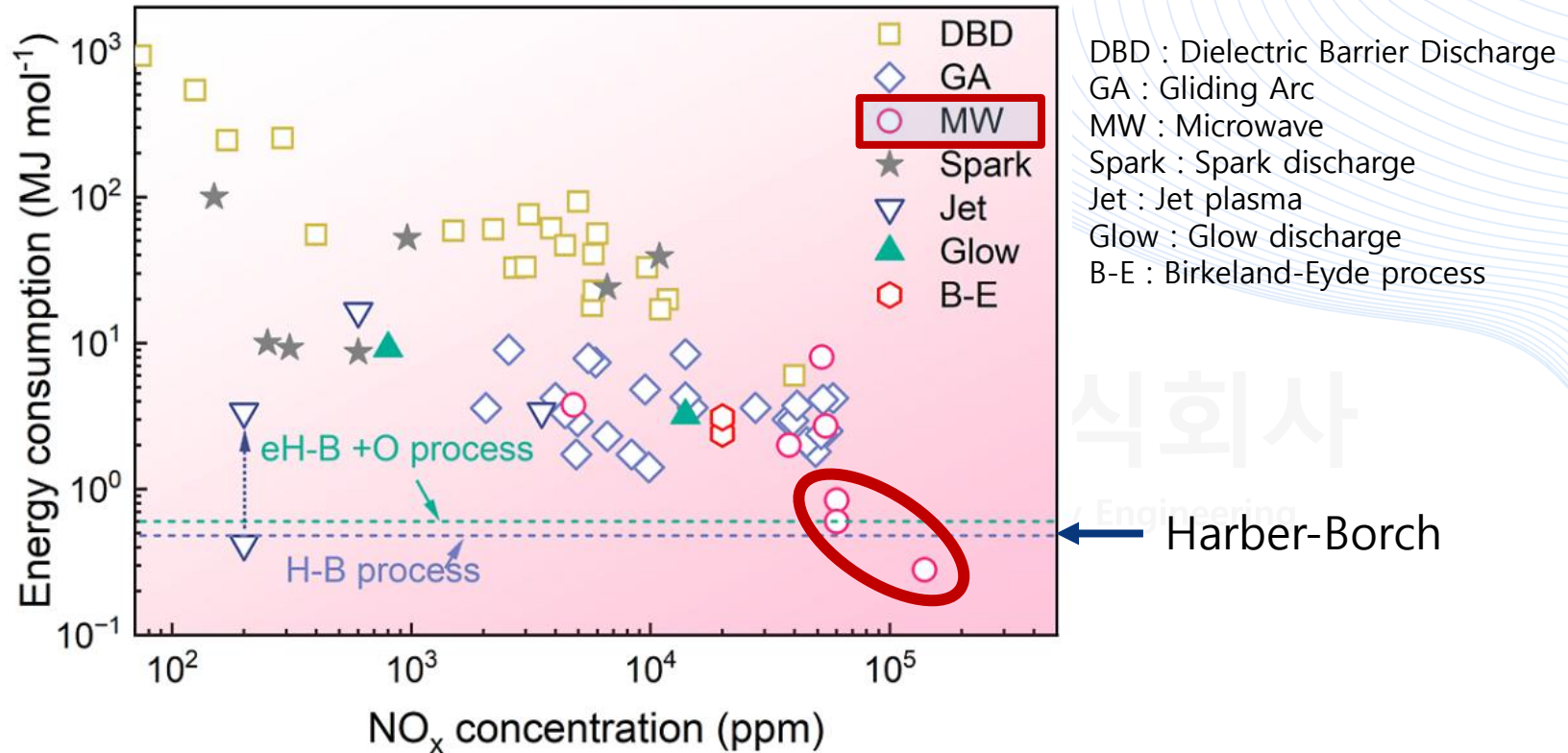
(b) 1.8cm

Control TW(60 days) PAW-30 (9 days) Then TW (51 days) P10 PAW-30 (9 days) Then TW (51 days)

씨앗을 심은 후 60일 경과된 (a) 토마토 및 (b) 감미고추
자료 : RSC Advances (2017)

식물 발육 촉진

타 공정과의 비교 (Comparison VS others)



* Electrifying Nitrogen Fixation: Plasma-Driven NO_x Synthesis for Sustainable Fertilizer Production; JACS Au 2025, 5, 5888-5907

Microwave Plasma 방식이 에너지 소비 측면에서 Harber-Borch법에 근접할 수 있는 유일한 대안임.

IV. 액체비료

액체비료의 경제성 분석 (Economic Analysis of Liquid Fertilizers)

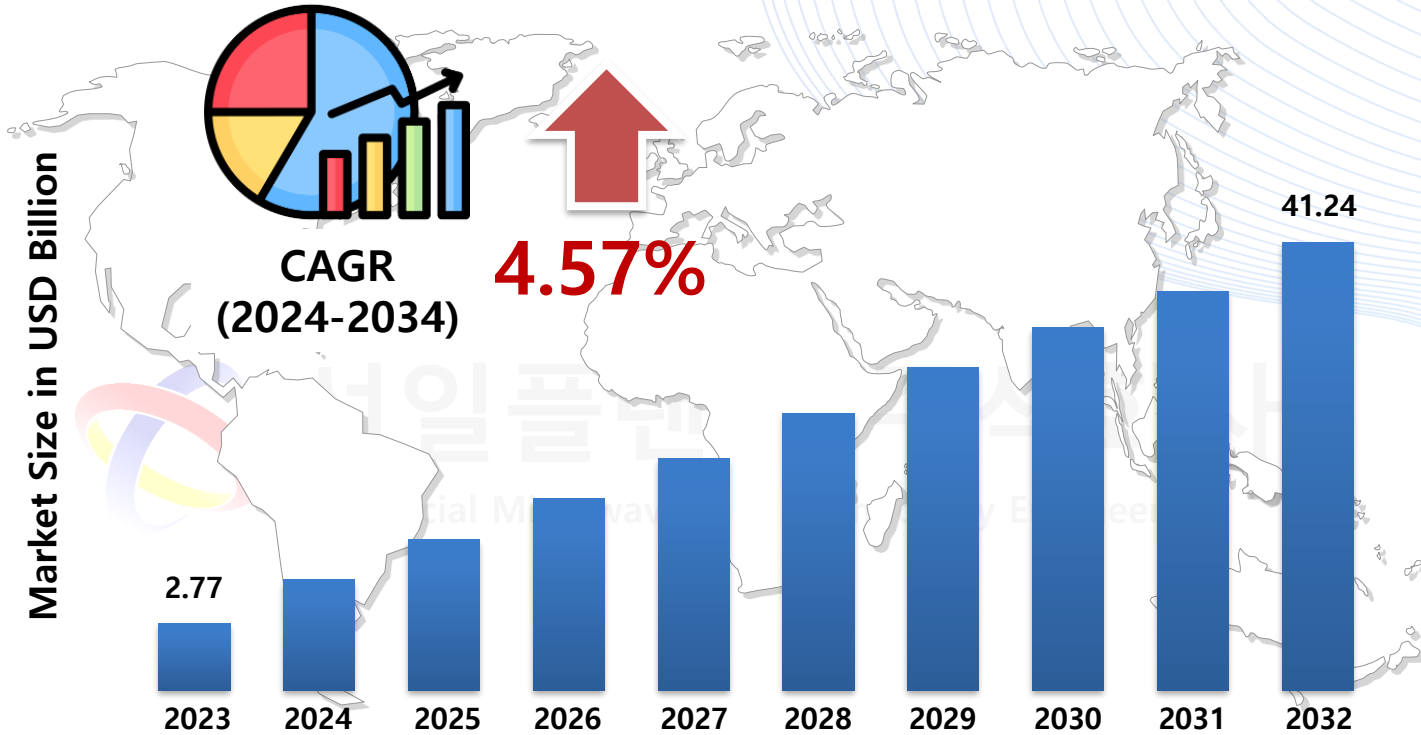
Technology	기존 공정 (H/B + Ostwald)	MW 플라즈마 (재생에너지 사용시)
에너지 비용 (OPEX)	약 \$150 ~ \$300	약 \$350 ~ \$500
SEC (MJ/mol-N)	0.5 ~ 0.8	2.0 ~ 3.7
운송 및 물류비	약 \$100 ~ \$200	\$0
초기 설비 투자비 (CAPEX)	5,000억 ~ 1조 이상	2,000만 ~ 1억 이하
탄소 세용 비용	발생 (톤당 약 \$50~100)	\$0 (재생에너지 사용 시)
총 생산 원가 (톤당)	약 \$350 ~ \$650	약 \$400 ~ \$600

- Ammonia Technology Roadmap, IEA, 2021.
- Innovation Outlook: Renewable Ammonia, IRENA, 2022.
- Ammonia: zero-carbon fertiliser, fuel and energy store, The Royal Society, 2020

운영비용(OPEX) 측면(규모의 경제)에서는 H/B가 유리하나, CAPEX는 MW 플라즈마 압도적 분산형 사이트 (거점형 스마트팜, 수경재배, 지역 농가 등)에는 MW 플라즈마가 "최적 선택지"

IV. 액체비료

액체비료 시장전망 (Liquid Fertilizers Market)



Source : FORTUNE Business insights

2023
2.77 USD billion (27.7억 달러)



2032
41.3 USD billion (412.4억 달러)

IV. 액체비료

MW Plasma 예시 (스마트팜 200평 기준)

구분	연간 발생량(Ton) / 비용(원)	비고
kwh당 질소 고정량	20g-N/kwh	1)
액비 생산량 (희석기준)	134 L/kwh	2)
일일 관수량	1,600 ~ 2,000 L	3)
필요 질소량	240 ~ 300 g-N	4)
필요 전력량	12 ~ 15 kwh	5)
전기 요금 (일)	720 ~ 900원	6)
일반폐기물 위탁처리단가	250,000원/Ton	7)
연간 추정 이익	142,500,000원	8)

- 1) SEC 2.5MJ/mon-N 기준 (1kW Microwave Plasma 사용)
- 2) 플라즈마 리액터의 농축액 농도 1,500ppm(연속식) x 10배 희석 기준
- 3) 200평 규모 딸기, 토마토 재배 기준
- 4) 150ppm 농도 유지 시 (kwh당 질소 고정량)
- 5) 1kw 리액터 가동 시 하루 12~15시간 작동필요
- 6) 농사용 전력(갑) 60원/kwh 기준
- 7) 연 3,000시간 가동 (일평균 8.2시간)

구분	연간 발생량(Ton) / 비용(원)	비고
연간 운영 지출	1,180,000 원	1)
연간 비료 구매비 절감	2,600,000 원	2)
부가 수익 가치	9,500,000 원	3)
연간 순이익(절감+증산-운영)	10,920,000원	4)
투자회수기간(ROI) -보조금 미포함	2.4년	5)
투자회수기간(ROI) -보조금 포함	1.2년	6)

- 1) 전기요금 : 1kw x 3000시간 x 60원 = 18만원 + 소모품비 = 100만원
- 2) 질소비료 대체 = 180만원 + PH 조절제(질산) 구매비 = 80만원
- 3) 활설수 활용 농약값 30% 절감 = 200만원 + 수확량 15% 향상 = 750만원
- 4) 2) + 3) - 1)
- 5) 스마트팜 ICT 융복합 확산사업 보조금 (50%, 용자 30%, 자부담 20% 기준)

ROI (Return on Investment)

평균 2년 이내

“10년 이상의 전문성, 기술을 현실로 만드는 기업”
“귀사의 혁신, 선일플랜트와 함께 시작하십시오”



주소 : 충북 청주시 흥덕구 강내면 저산태성로 165



Homepage : <https://microwave-si.com>



E-mail : sunil@microwave-si.com



전화 : 043 – 236 -3054 Fax : 043 – 236 -3024



선일플랜트 주식회사

Special Microwave High-technology Engineering